

Konsentrasi Letal (LC_{50} -48 jam) Logam Tembaga (Cu) dan Logam Kadmium (Cd) Terhadap Tingkat Mortalitas Juwana Kuda Laut (*Hippocampus* spp)

MUHAMMAD HENDRI, GUSTI DIANSYAH, DAN JETUN TAMPUBOLON

PS. Ilmu Kelautan FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

INTISARI: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat toksisitas logam tembaga (Cu) dan logam kadmium (Cd) dengan menentukan nilai LC_{50} - 48 jam terhadap juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) sehingga kita dapat mengetahui nilai konsentrasi yang dibutuhkan untuk mematikan 50% dari organisme uji. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratories dengan pemberian 6 variasi konsentrasi untuk tiap logam, yaitu untuk logam Cu: 0 ppm, 1,584 ppm, 2,509 ppm, 3,974 ppm, 6,294 ppm, 9,968 ppm dan untuk logam Cd: 0 ppm, 0,1585 ppm, 0, 2512 ppm, 0,3981 ppm, 0,6308 ppm, 0,9999 ppm. Pelaksanaan penelitian diawali dengan tahap aklimatisasi hewan uji, kemudian diperlakukan dengan konsentrasi bertingkat dan dilakukan dalam waktu 48 jam. Jumlah hewan uji yang mati diplotkan terhadap konsentrasi logam yang diberikan dan didapatkan hubungan positif untuk Cu ($R_2 = 0,5879$) dengan persamaan regresi linear $y = 3,6979 + 3,9063x$ yang dapat digunakan untuk menghitung nilai LC_{50} dan diperoleh 2,11 ppm dan untuk Cd ($R^2 = 0,6126$) dengan persamaan regresi linear $y = 6,6050 + 3,4171x$ yang dapat digunakan untuk menghitung nilai LC_{50} dan diperoleh 0,36 ppm.

KATA KUNCI: toksisitas, LC_{50} , logam tembaga (Cu), dan logam kadmium (Cd)

E-MAIL: gumay2009@yahoo.com

Januari 2010

1 PENDAHULUAN

Kuda laut (*Hippocampus* spp) merupakan salah satu komoditas perikanan laut yang mempunyai nilai ekonomis dan dapat dibudidayakan. Kuda laut atau sering disebut tangkur kuda merupakan salah satu jenis ikan hias laut yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dan dapat juga dijadikan sebagai bahan obat penenang, obat tidur, obat kuat dan masih banyak lagi. Kuda laut di pasar dunia per kilogramnya dihargai rata-rata sekitar US\$ 440/kg untuk kualitas rendah, sedangkan kualitas sedang mencapai US\$1.200/kg dan US\$2600/kg untuk kualitas terbaik^[1].

Pembangunan yang pesat di bidang ekonomi di satu sisi akan meningkatkan kualitas hidup manusia yaitu dengan meningkatnya pendapatan masyarakat. Akan tetapi di sisi lain akan berakibat pada penurunan kesehatan akibat adanya pencemaran yang berasal dari limbah industri dan rumah tangga. Hal ini dikarenakan kurangnya kemampuan sumber daya manusia atau teknologi yang memadai untuk mengatasi masalah limbah tersebut. Salah satu pencemaran pada badan perairan adalah masuknya logam berat baik dari limbah rumah tangga, industri, pengikisan dari batuan mineral dan lain sebagainya.

Tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) merupakan logam berat yang dapat mengganggu kelestarian kuda

laut. Keberadaan logam Cu dan Cd di dalam tubuh kuda laut sangat mempengaruhi metabolisme tubuh baik dari gangguan pernafasan ataupun merusak jaringan pada sel tubuh terutama pada stadia juwana (larva). Stadia juwana digunakan karena pada stadia larva sangat peka terhadap berbagai faktor yang berasal dari lingkungan sekitarnya. Polutan yang masuk ke dalam tubuh juwana kuda laut tidak dapat terdepurasi karena telah masuk secara intraseluler^[2]. Oleh sebab itulah mengapa digunakan kuda laut (*Hippocampus* spp) pada stadia juwana dengan tujuan untuk menentukan konsentrasi letal median (LC_{50}) logam Cu dan logam Cd terhadap juwana kuda laut (*Hippocampus* spp).

2 METODOLOGI

Penelitian ini telah dilaksanakan pada 13 November-5 Desember 2008 di Laboratorium Pembenihan Teripang Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) yang berlokasi di Desa Hanura, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Adapun bahan yang digunakan dan tahapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian uji toksisitas lethal akut (LC_{50}) adalah sebagai berikut.

Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini ada-

lah larutan Tembaga Sulfat Pro Analisis 64721 Darmstadt, Germany produk E. Merk 1000 ppm dan kadmium klorida Pro Analisis 64721 Darmstadt, Germany produk E. Merk 1000 ppm ($\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) berumur 20 hari (D-20). Jumlah kuda laut untuk setiap wadah uji dalam penelitian ini adalah 10 ekor, berat 0,1300-0,1350 gram dan panjang 2,02-2,05 cm.

Media uji dalam penelitian ini berupa air laut yang berasal dari penyaringan air laut di BBPBL Lampung dengan salinitas 30 - 32 , selanjutnya larutan tembaga (Cu) dan larutan kadmium (Cd) dilarutkan ke dalam air laut tersebut yang diambil dari larutan stok

Pakan uji yang diberikan pada juwana kuda laut uji adalah naupli *Artemia* yang diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung.

2.1 Tahap Persiapan

1. Persipan wadah uji, Air yang akan digunakan untuk pemeliharaan disaring terlebih dahulu menggunakan *filter bag*. Sterilisasi wadah pemeliharaan dan peralatan dilakukan dengan menggunakan kaporit.
2. Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian kondisi lingkungan daerah asal dengan kondisi lingkungan baru^[3].
3. Pembuatan Media Uji, larutkan 0,1000 g bubuk Cu dalam 2 ml asam nitrat pekat. Tambahkan 8 ml HNO_3 , pekat, kemudian encerkan menjadi 1000 ml dengan air suling-bebas ion dan untuk Cd, Larutan stok dibuat dengan cara melarutkan 1,951 gr $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 1000 ml air laut yang telah disaring terlebih dahulu. Larutan ini memiliki konsentrasi Cd 1000 ppm^[4].

2.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi ambang atas (LC_{100-24} jam) dan konsentrasi ambang bawah (LC_{0-48} jam). Konsentrasi bahan uji yang digunakan dalam penelitian pendahuluan berdasarkan deret logaritmik, yaitu: 10^{-2} , 10^{-1} , 10^0 , 10^1 , 10^2 dan control 0 ppm. Tiap perlakuan diulang tiga kali dengan pengamatan mortalitas dilakukan dalam selang waktu berdasar deret geometris yaitu 15 menit, 30 menit, 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam, 16 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam.

2.3 Penelitian Utama

Hasil penelitian pendahuluan, kemudian ditentukan konsentrasi Cu dan Cd nilai ambang atas dan nilai ambang bawah. Untuk menentukan nilai median lethal tersebut dibuat 5 deret konsentrasi yang berada dalam batas ambang bawah dan ambang atas yang dibuat

berdasarkan deret geometris. Perhitungan selanjutnya menggunakan rumus:

$$\log \frac{N}{n} = k \log \left(\frac{a}{n} \right) ; \quad \frac{a}{b} = \frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} = \frac{e}{d}$$

dengan N, n, k, a , dan b, c, d berturut-turut adalah konsentrasi ambang atas, konsentrasi ambang bawah, jumlah konsentrasi uji, konsentrasi uji terkecil, dan konsentrasi yang dikehendaki^[5].

2.4 Analisis Data

Data mortalitas hewan uji pada uji utama/*definitive* merupakan angka acuan untuk menghitung nilai *lethal concentration* dengan analisa probit. Hubungan nilai logaritma dari konsentrasi bahan uji dengan nilai probit dari persentase mortalitas hewan uji merupakan fungsi linier dari $y = a + bx$.

Nilai LC_{50-48} jam didapat dari hasil antilog nilai uji m . Nilai m merupakan nilai x pada persamaan dan nilai y merupakan probit mortalitas sebesar 50%. Secara matematis, perhitungan untuk menentukan nilai LC_{50-48} jam adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{(n \cdot \sum xy) - (\sum x \sum y)}{(n \sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{1}{n} (\sum y - b \sum x)$$

Persamaan regresinya adalah:

$$y = a + bx, \quad m = \frac{(5 - a)}{b}$$

dengan y, x, a, b , dan m berturut-turut adalah probit kematian hewan uji, logaritma konsentrasi uji, konsentrasi regresi, slope/kemiringan regresi, dan logaritma konsentrasi (x) pada probit mortalitas (y) 50% ($y = 5$) (Rand dan Petrocelli, 1985 dalam Aryawati,1999)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Penelitian pendahuluan

Hasil uji pendahuluan yang dilakukan tentang pengaruh logam tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) terhadap tingkat mortalitas juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) menunjukkan bahwa untuk tembaga (Cu) semua hewan uji mati selama waktu dedah 24 jam pada konsentrasi 10 ppm (ambang atas) dan pada konsentrasi 1 ppm semua hewan uji masih hidup selama waktu dedah 48 jam (ambang bawah), Untuk kadmium (Cd) semua hewan uji mati selama waktu dedah 24 jam pada konsentrasi 1 ppm (ambang atas) dan pada konsentrasi 0,1 ppm semua hewan uji masih hidup selama waktu dedah 48 jam (ambang bawah).

TABEL 1: Data persentase mortalitas juwana kuda laut dalam waktu 48 jam akibat pengaruh logam Cu.

Konsentrasi Cu (ppm)	Mortalitas (%)
0	0
1.584	33.33 ± 15.27
2.509	60 ± 20
3.974	73.33 ± 20.81
6.294	86.67 ± 15.27
9.968	93.33 ± 11.54

TABEL 2: Data persentase mortalitas juwana kuda laut dalam waktu 48 jam akibat pengaruh logam Cd

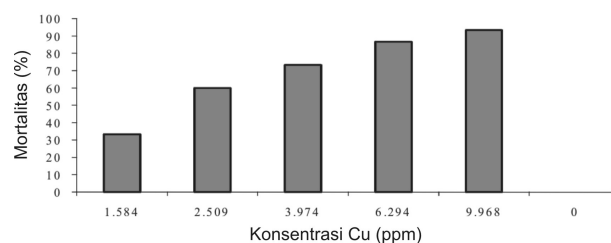
Konsentrasi Cd (ppm)	Mortalitas (%)
0	0
0.1585	16.67 ± 5.77
0.2512	30 ± 10
0.3981	46.67 ± 23.09
0.6308	80 ± 10
0.9997	90 ± 10

3.1.2 Penelitian utama

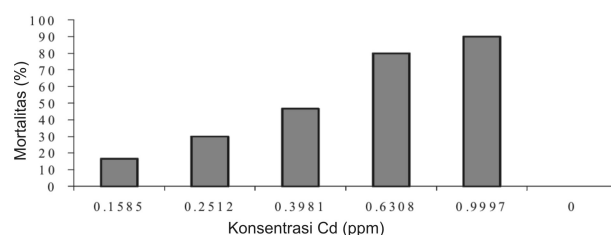
Berdasarkan uji pendahuluan maka terlebih dahulu ditetapkan lima deret konsentrasi bahan uji didasarkan pada kisaran nilai ambang bawah dan ambang atas. Dari hasil perhitungan, lima konsentrasi Cu yang digunakan adalah sebagai berikut, 1,584 ppm, 2,511 ppm, 3,928 ppm, 6,301 ppm, 9,980 ppm. Sedangkan untuk konsentrasi Cd yang digunakan adalah 0,1585 ppm, 0,2512ppm, 0,3981 ppm, 0,6309 ppm, 0,9997 ppm.

Penentuan nilai LC_{50} - 48 jam. Data persentase mortalitas kuda laut (*Hippocampus* spp) yang disebabkan oleh pengaruh pemberian konsentrasi yang berbeda, hal ini disebabkan karena perbedaan unsur pembentuk kedua logam yang mempengaruhi metabolisme juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) dimana untuk logam Cu dalam konsentrasi yang sedikit masih dibutuhkan oleh tubuh juwana kuda laut dalam proses metabolisme yaitu sebagai contoh dalam kandungan darah juwana kuda laut sebagai salah satu unsur yang ada dalam hemoglobin juwana kuda laut, sedangkan untuk logam Cd merupakan unsur yang sama sekali tidak dibutuhkan oleh tubuh juwana kuda laut atau yang bersifat toksik bagi tubuh juwana kuda laut. Selengkapnya tersaji pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Selanjutnya dari data pada Tabel 1 dan Tabel 2 tersebut dapat diketahui nilai LC_{50} -48 jam logam tembaga (Cu) dan logam Kadmium (Cd) terhadap juwana

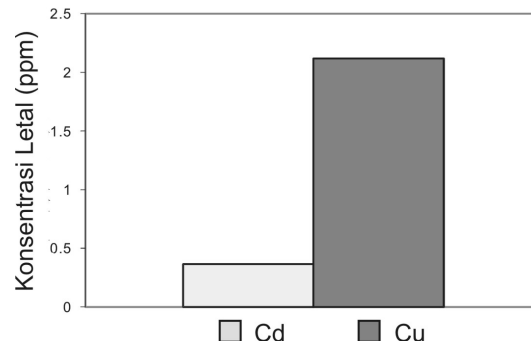


GAMBAR 1: Histogram rata-rata tingkat mortalitas kuda laut karena pengaruh pemberian konsentrasi logam tembaga (Cu) yang berbeda



GAMBAR 2: Histogram rata-rata tingkat mortalitas kuda laut karena pengaruh pemberian konsentrasi logam kadmium (Cd) yang berbeda

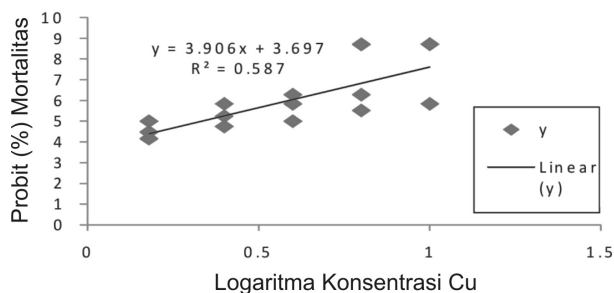
kuda laut (*Hippocampus* spp) yang hasilnya disajikan pada Gambar 3. Persamaan liniernya tersaji pada

GAMBAR 3: Histogram nilai LC_{50} -48 jam logam Cd dan logam Cu pada juwana kuda laut

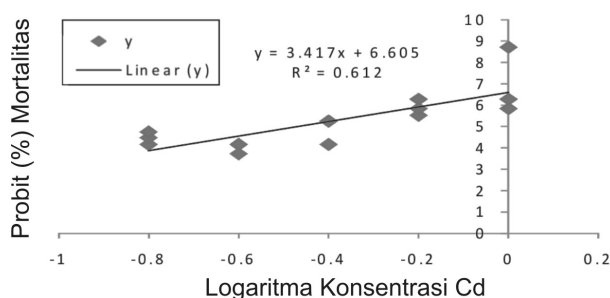
Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh persamaan linier yang merupakan korelasi antara probit persentase mortalitas (y) dengan logaritma konsentrasi Cu (x) sebagai berikut: $y = 3.697 + 3.906x$. Nilai koefisien korelasinya (R) adalah sebesar 0,7667, menunjukkan bahwa antara probit persentase mortalitas dengan logaritma konsentrasi Cu berkorelasi positif dan korelasinya erat ($R^2 = 0,587$) di mana kontribusi logaritma konsentrasi Cu terhadap probit persentase mortalitas adalah sebesar 58,79%.

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh persamaan garis linier yang merupakan korelasi antara probit persentase mortalitas (y) dengan logaritma konsentrasi Cd (x) sebagai berikut: $y = 6,605 + 3,417x$. Nilai koe-



GAMBAR 4: Kurva persamaan regresi linier antara logaritma konsentrasi Cu dengan probit % mortalitas juwana kuda laut



GAMBAR 5: Kurva persamaan regresi linier antara logaritma konsentrasi Cd dengan probit % mortalitas juwana kuda laut

fisian korelasinya (R) adalah sebesar 0,7826 yang menunjukkan bahwa antara probit persentase mortalitas dengan logaritma konsentrasi Cd berkorelasi positif dan korelasinya erat ($R^2 = 0,6126$) di mana kontribusi logaritma konsentrasi Cd terhadap probit persentase mortalitas adalah sebesar 61,26%.

Kualitas air. Pengamatan kualitas air dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan media uji selama penelitian. Kualitas air yang diamati meliputi suhu, salinitas, temperatur serta oksigen terlarut

TABEL 3: Kisaran hasil pengamatan kualitas air selama penelitian

Parameter	Pengamatan	Tingkat Kelayakan	Alat Pengukur
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	28-29	28-32	Termometer Raksa
Salinitas ($^{\circ}/\text{oo}$)	30-32	28-32	Refraktometer
pH	7,6-8,4	7,5 - 8,5	pH Meter
Oksigen Terlarut (ppm)	4,99-6,31	4,0 - 6,5	DO Meter

Nilai parameter kualitas air media selama penelitian masih dalam kisaran yang layak untuk kehidupan juwana kuda laut sesuai dengan acuan kisaran parameter kualitas air yang baik pada pemeliharaan juwana berdasarkan hasil pengamatan di Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (Tabel 4).

TABEL 4: Kisaran parameter kualitas air di bak juwana

No	Parameter	Kisaran Nilai
1	DO	4,0 - 6,5 ppm
2	Suhu Air	28 - 30 $^{\circ}\text{C}$
3	Salinitas	28 - 32 ppt
4	pH	7,5 - 8,5

3.2 Pembahasan

Juwana kuda laut (*Hippocampus* spp). Juwana adalah sebutan bagi anak kuda laut yang baru lahir sampai umur maksimal 30 hari atau panjang tubuh sekitar 2 cm dan atau masih bersifat planktonik, melayang dan belum mampu bertengger pada tempat bertengger. Bentuk tubuh juwana yang baru lahir sudah sempurna, memiliki kelengkapan organ tubuh menyerupai kuda laut dewasa. Di perairan alam kuda laut mulai dari juwana sampai dewasa sepanjang hidupnya memakan zooplankton, crustacean dan larva ikan, sehingga digolongkan kedalam hewan karnivora^[6].

Juwana yang baru lahir dengan ukuran normal dan layak untuk diperlihara dengan memiliki ukuran minimal 0,6 cm. Dengan pemberian pakan tepat ukuran, mutu dan jumlah, juwana akan tumbuh dengan baik^[6]. Juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) sangat peka terhadap larutan logam yang dimasukkan pada wadah uji dikarenakan senyawa tersebut termasuk dalam toksisitas yang berbahaya bagi kehidupan kuda laut. Walaupun untuk tingkat konsentrasi kedua logam tersebut berbeda. Pada penelitian ini digunakan hewan uji juwana kuda laut yang berumur 20 hari, dikarenakan pada umur yang lebih muda kuda laut akan lebih rentan terhadap perubahan lingkungan sehingga dikhawatirkan akan lebih berpengaruh terhadap mortalitas daripada bahan uji yang diujikan.

Pada konsentrasi yang rendah logam Cu ($<0,08$ mg/l) maupun Cd ($<0,012$ mg/l) belum dapat mematikan juwana kuda laut atau hanya bersifat kronis karena hanya mempengaruhi fungsi fisiologis dan tingkah laku, tetapi pada tingkat konsentrasi yang tinggi kedua logam tersebut akan dapat mematikan juwana kuda laut atau bersifat akut. Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air/lingkungan, suhu, keadaan spesies dan aktifitas fisiologis^[7].

Daya racun logam Cu dan logam Cd. Menurut Darmono^[8] Cu merupakan logam *essensial* bagi hewan air yang bermanfaat dalam pembentukan haemosianin sistem darah dan pada enzimatis hewan air. Sedangkan menurut Edward dan Pulumahury^[9] logam tembaga (Cu) dibutuhkan organisme laut untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya yaitu sebagai kofaktor kerja enzim. Akan tetapi bila jumlah Cu yang

TABEL 5: Kriteria Toksisitas untuk Pengujian Laboratorium yang Dikeluarkan Oleh Komisi Pestisida Departemen Pertanian

Nilai LC ₅₀ (mg/l)	Tingkat Daya Racun
< 1	Sangat Tinggi
1-10	Tinggi
>10-100	Sedang
>100	Rendah

masuk ke dalam tubuh dalam berlebih, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh^[10].

Sama halnya dengan logam Cu, keracunan yang disebabkan oleh logam Cd dapat bersifat akut dan kronis. Logam kadmium (Cd) akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Dalam biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mengalami akumulasi Cd yang lebih banyak^[10].

Darmono^[8] menyatakan bahwa logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu: saluran pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Di dalam tubuh hewan logam diabsorpsi darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air/lingkungan, suhu, keadaan spesies dan aktifitas fisiologis^[7].

Nilai LC₅₀-48 jam. Pada uji utama setelah penentuan ambang bawah dan ambang atas, tingkat persentase mortalitas dari juwana kuda laut akan selalu meningkat sesuai dengan peningkatan konsentrasi yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap konsentrasi yang ditambahkan ke dalam wadah uji semakin menambah tingkat toksisitas dari logam

Hasil analisa probit untuk LC₅₀-48 jam menggunakan program *StatPlus* 2007 dengan metode *Finney* untuk logam tembaga (Cu) adalah sebesar 2,11 ppm dan untuk logam kadmium (Cd) adalah sebesar 0,36 ppm.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi letal median (LC₅₀-48 jam) logam tembaga terhadap tingkat mortalitas juwana kuda laut (*Hippocampus* spp) adalah 2,11 ppm sedangkan pada logam kadmium adalah 0,36 ppm.

2. Setelah kontak dengan logam berat Cu dan Cd, juwana kuda laut mengalami kematian yang sebelumnya ditandai dengan gejala stress dimana aktifitas renang yang minim dan lebih banyak di dasar wadah uji/toples serta arah kepala lebih menunduk.

3. Kualitas air media uji selama penelitian masih dalam kisaran yang sesuai dengan pertumbuhan juwana kuda laut, dengan kisaran salinitas antara 30-32, oksigen terlarut (DO) 4,99-6,31 ppm, suhu 28-29°C, dan pH 7,6-8,4

4.2 Saran

Bagi peneliti selanjutnya disarankan melakukan uji toksisitas logam berat Cu dan Cd terhadap ortalitas hewan uji pada tingkat variasi temperatur, oksigen terlarut (DO) dan salinitas yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://fpik.bung-hatta.info/news.php?extend> (10 Agustus 2008)
- [2] Hindarti, D. 1997. *Metode Uji Toksisitas*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi LIPI. Jakarta
- [3] Sumantadinata, K. 2003. *Pendederan Kerapu Bebek (Pemeliharaan Larva Sampai Benih)*. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
- [4] Soegianto A., dan Andani N., 2004. *engaruh Pemberian Kadmium terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Kerusakan Struktur Insang dan Hepatopankreas pada Udang RegangP*. Jurnal Penelitian. Jurusan Biologi FMIPA. Universitas Airlangga Surabaya
- [5] Aryawati, R. 1999. *Toksisitas Akut (LC₅₀) Logam Tembaga (Cu) pada Larva Kepiting Bakau (Scylla serrata Forskal) dengan Salinitas Berbeda*. Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang.
- [6] Ari, W.K, M. Thariq dan H. Santoso. 2005. *Pemeliharaan Juwana*. Direktorat Jenderal Perikanan Balai Budidaya Laut. Lampung
- [7] Connell, D.W. dan Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI Press. Jakarta. 520 hal.
- [8] Darmono. 2006. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: UI-PRESS
- [9] Rahman, A. 2005. *Kandungan Logam Tembaga (Cu) pada Karang Tipe Branching di Perairan Kepulauan Krakatau*. Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat
- [10] Palar H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.